

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 61003450 A

(43) Date of publication of application: 09 . 01 . 86

(51) Int. Cl      **H01L 27/10**  
**G06F 13/18**  
**G11C 7/00**  
**G11C 11/34**  
**H01L 31/12**

(21) Application number: 59123918  
(22) Date of filing: 18 . 06 . 84

(71) Applicant: HIROSHIMA DAIGAKU  
(72) Inventor: HIROSE ZENKO  
YAMANISHI MASAMICHI  
OSAKA YUKIO  
AE TADASHI  
ICHIKAWA TADAO  
YOSHIDA NORIYOSHI  
SUEMUNE IKUO

(54) SHARED MEMORY INTEGRATED DEVICE OF  
THREE-DIMENSIONAL PHOTO COUPLING

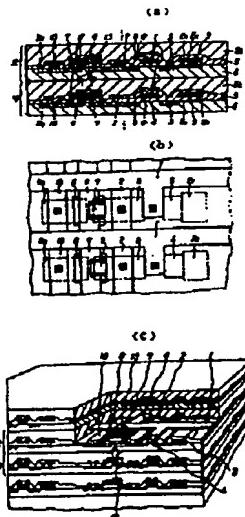
(57) Abstract:

PURPOSE: To speed up signal transmission by a method wherein layers are optically coupled with one another by combination of light emitting elements with light receiving elements.

CONSTITUTION: A 1-MOS dynamic memory cell is formed in the surface of an Si semiconductor layer 6, and a light receiving element 8 connected by half superposition on the drain region D of an MOS transistor 4 is formed in the surface of the semiconductor layer 6, and a light emitting element 7 and a data transfer line 9 are adhered by successive lamination by half superposition on the light receiving element 8. A conductive region Da is formed in the neighborhood of the surface of the semiconductor layer 6 by half superposition on the element 8, and a data copy line 10 connected to the conductive region Da by passing through an SiO<sub>2</sub> insulation layer 5 is formed by adhesion on the insulation layer 5. Further, the whole surface of the insulation layer 5 is coated with an SiO<sub>2</sub> insulation layer 5a. When memory cells of such a construction are arranged on each layer in two dimensions, and each of two-dimensional memory integrated layers is laminated by making each layer agree above and below in position of groups 7@9 of light emitting and light receiving

elements, the ground 7@9 come into optical coupling with one another via the SiO<sub>2</sub> insulation layer 5a are semiconductor layer 6.

COPYRIGHT: (C)1986,JPO&Japio



⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A) 昭61-3450

⑬ Int.Cl.

H 01 L 27/10  
G 06 F 13/18  
G 11 C 7/00

識別記号

厅内整理番号

6655-5F  
7165-5B  
6549-5B※

⑭ 公開 昭和61年(1986)1月9日

審査請求 有 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 三次元光結合共有メモリ集積装置

⑯ 特 願 昭59-123918

⑰ 出 願 昭59(1984)6月18日

⑱ 発明者 広瀬 全孝	広島市中区白島中町6-4-401
⑲ 発明者 山西 正道	広島市東区牛田新町3-41-9
⑳ 発明者 大坂 之雄	東広島市西条町大字田口365 広島大学ががら第一職員宿舎3-303
㉑ 発明者 阿江 忠	広島市東区牛田東2-19-22 コープノムラウシタ105
㉒ 発明者 市川 忠男	広島市中区国泰寺町1-9-27-404
㉓ 発明者 吉田 典可	広島市西区己斐大迫2-10-13
㉔ 出願人 広島大学	長
㉕ 代理人 弁理士 杉村 晓秀	外1名

最終頁に続く

明細書

1. 発明の名称 三次元光結合共有メモリ集積装置

2. 特許請求の範囲

1 それぞれメモリ用コンデンサおよびそのコンデンサをオン・オフするスイッチ用トランジスタよりなる複数個のメモリセルとそれらのメモリセルを制御するアドレス線並びにそれらのメモリセルにデータの書き込みおよび読み出しを行なうデータ線とを半導体基板の表面に二次元的に集積した複数個の集積メモリ層を絶縁層をそれぞれ介して積層し、前記メモリセルに発光素子と受光部および光スイッチ部を兼ねる受光素子とを組合させて前記集積メモリ層の相互間に光結合を施すとともに、その光結合によりオンした前記光スイッチ部を介して前記トランジスタをオンさせるバイアス線を設けることにより、互いに隣接する前記集積メモリ層のうち、一方の前記集積メモリ層の前記メモリセルに書き込んだデータを

前記光結合により他方の前記集積メモリ層の前記メモリセルにコピーし得るよう構成したことを特徴とする三次元光結合共有メモリ集積装置。

3. 発明の詳細な説明

(技術分野)

本発明は、メモリ用コンデンサおよびそのコンデンサをオン・オフするスイッチ用トランジスタよりなるメモリセルを三次元的に積層して集積した三次元メモリ集積装置、特に、隣接層のメモリセル間を光学的に結合させてメモリ内容をコピーして共有し得るようした三次元光結合共有メモリ集積装置に関し、簡単な構成の結合路によりメモリセル間の時間遅延を低減して高速化し得るようしたものである。

(従来技術)

一般に、図形処理や音声認識等のパターン認識に基づく情報処理においては、複数種類の標準パターンと処理対象の情報パターンとのパターン照合を反復して行なうなど、数多の演算処理を並列

に行なつて情報処理を高速化することが要求されている。かかる並列演算処理を高速化するためには、多數のプロセッサを並列に動作させるとともに、各プロセッサ内のメモリ内容を相互に結合させて類似の情報処理を同時に進行させるための共有メモリ装置が必扱となる。

#### (問題点)

しかしながら、従来のように集積すべき回路素子を単に二次元的に配置するに過ぎないLSI技術によつては、かかる二次元的集積回路における回路素子間の結合用配線による信号伝送の時間遅延が大きく、したがつて、回路構成が複雑になるほど、その時間遅延が増大するので、上述のような並列動作による情報処理の高速化を実現するうえで、大きい障害になるという欠点があつた。

#### (発明の目的)

本発明の目的は、上述した従来の欠点を除去し、冒頭に述べた種類の三次元メモリ集積装置において積層した2次元集積回路の層間を立体的に結合させて、従来の二次元集積回路における回路素子

間の信号伝送の時間遅延を避け、層間における短絡的な回路素子間結合により、前述した並列情報処理に必要な信号伝送の高速化を容易にした三次元共有メモリ集積装置を提供することにある。

本発明の他の目的は、上述した層間における短絡的な回路素子間結合を、対応する層に発光素子と受光素子とを対向配置すれば、現実に層間に配線を施す必要のない光結合を用いた三次元光結合共有メモリ集積装置を提供することにある。

#### (発明の要点)

すなわち、本発明三次元光結合共有メモリ集積装置は、それぞれメモリ用コンデンサおよびそのコンデンサをオン・オフするスイッチ用トランジスタよりなる複数個のメモリセルとそれらのメモリセルを制御するアドレス線並びにこれらのメモリセルにデータの書込みおよび読み出しを行なうデータ線とを半導体基板の表面に二次元的に集積した複数個の集積メモリ層を絶縁層をそれぞれ介して積層し、前記メモリセルに発光素子と受光部および光スイッチ部を兼ねる受光素子とを組合わせ

て前記集積メモリ層の相互間に光結合を施すとともに、その光結合によりオンした前記光スイッチ部を介して前記トランジスタをオンさせるバイアス線を設けることにより、互いに隣接する前記集積メモリ層のうち、一方の前記集積メモリ層の前記メモリセルに書込んだデータを前記光結合により他方の前記集積メモリ層の前記メモリセルにコピーし得るよう構成したことを特徴とするものである。

#### (発明の構成)

以下に図面を参照して本発明を詳細に説明する。

しかして、本発明三次元光結合共有メモリ集積装置の基本的構成の例を第1図(a)～(d)に示して説明するに先立ち、本発明装置の基本的構成の基礎をなす冒頭に述べた種類のメモリセルの従来構成を第2図に示す。

図示の構成によるメモリセルは、いわゆる1MOSダイナミック型メモリセルであり、基板をなすシリコン半導体層6の上面近傍に不純物をドープしてドレイン領域Dおよびソース領域Sを形

成するとともに、シリコン半導体層6の上面に酸化硅素(SiO<sub>2</sub>)絶縁層を被着形成し、そのSiO<sub>2</sub>絶縁層5を介し、ドレイン領域Dとソース領域Sとを接続する位置にゲート電極層Gを形成してMOS型電界効果トランジスタ6を構成し、つぎに述べるメモリ用コンデンサをオン・オフするスイッチとして作用させる。すなわち、MOSトランジスタ6のソース領域Sに接続した導電層E<sub>1</sub>とその導電層E<sub>1</sub>とSiO<sub>2</sub>絶縁層5を介して近接対向する接地導電層E<sub>2</sub>とを形成して、それらの導電層E<sub>1</sub>、E<sub>2</sub>を両電極とするメモリ用コンデンサ8を構成し、MOSスイッチ6により書込み読み出しを制御する。さらに、SiO<sub>2</sub>絶縁層5をそれぞれ貫通してMOSトランジスタ6のゲート電極層Gおよびドレイン領域Dにそれぞれ接続したアドレス線1およびデータ線2をSiO<sub>2</sub>絶縁層5上に被着形成してある。

上述のように構成した第2図示の1MOSダイナミック型メモリセルはつきのように動作する。

まず、アドレス線1に電圧を印加してMOSトランジスタ6よりなる書込み読み出しがスイッチをオン

状態にしておき、データ線 2 からその書き込み読み出  
レスイッチ 4 を介してデータをメモリ用コンデン  
サ 8 に供給し、そのデータを蓄積電荷の形態にし  
て記憶させる。かかる記憶データをメモリ用コン  
デンサ 8 から読み出すには、同じくアドレス線 1 に  
電圧を印加してオン状態にした MOS スイッチ 4 を  
介してメモリ用コンデンサ 8 から流出する電荷の  
形態のデータをデータ線 2 により取出す。従来慣  
用のメモリ集積装置においては、かかる構成の 1  
MOS メモリセルをシリコン半導体基板の表面に  
二次元的に配置しており、したがつて、同一基板  
上のメモリセル間を結合させる配線は、二次元配  
置したメモリセルの間を繋つて配置するので、長  
大とならざるを得ず、信号伝送に時間遅延が生ず  
るのは止むを得なかつた。

かかる 1 MOS ダイナミック型メモリセルの構成  
を基礎にして複数の二次元メモリ集積回路を三次  
元的に積層した形態をなす本発明三次元光結合共  
有メモリ集積装置の基本的構成について、その側  
面図を第 1 図(a)に示し、上面図を第 1 図(b)に示

をシリコン半導体層 6 の表面近傍に形成し、 $\text{SiO}_2$   
絶縁層 5 を貫通して導電領域  $D_a$  に接続するデータ  
コピー線 10 を  $\text{SiO}_2$  絶縁層 5 上に被着形成し、さ  
らに、 $\text{SiO}_2$  絶縁層 5 の全面を覆つて他の  $\text{SiO}_2$  絶  
縁層 5a を被着してある。

かかる構成のメモリセルを各層上に、第 1 図(b)  
に示すように、二次元配置するとともに、各層の  
メモリセルにおける発光・受光素子群 7, 8, 9  
の位置を上下に正確に一致させて各二次元メモリ  
集積層を積層すると、各層の発光・受光素子群 7,  
8, 9 は、透明とする  $\text{SiO}_2$  絶縁層 5a およびシリ  
コン半導体層 6 を介し、例えば第 (1-1) 層 11  
の発光素子 7 から発する光 18 を第 1 層 12 の受  
光素子 8 が受けることにより、光学的に結合する。  
したがつて、上下層 11, 12 のメモリセルは、最  
短距離をもつて相互に結合し、迅速に信号伝達を  
行ない得ることになる。

なお、上述の構成に用いる発光素子 7 は、例え  
ば、p-n 接合を有する GaAs 層によつて構成し、  
また、受光素子 8 は、例えばゲルマニウム層によ

し、一部を破断した斜視図を第 1 図(c)に示す。  
第 1 図(a)を第 2 図と対比すれば明らかなるおり、  
本発明共有メモリ集積装置において三次元的に積  
層した各二次元メモリ集積層のメモリセルは、前  
述した 1 MOS ダイナミック型メモリセルの構成に本  
発明の目的達成に必要な変更を施したものであり、  
第 1 図(a)～(c)における第 2 図と同一の構成要素には  
同一の記号を付して示してある。しかして、第  
2 図示の従来構成に本発明により施した変更はつ  
ぎのとおりである。

すなわち、順次に積層して本発明共有メモリ集  
積装置をなす各二次元メモリ集積層においては、  
シリコン半導体層 6 の表面に第 2 図と全く同様に  
1 MOS ダイナミック型メモリセルを形成するとともに、  
MOS トランジスタ 4 のドレイン領域 D に半  
ば重疊して接続した受光素子 8 をシリコン半導体  
層 6 の表面に形成し、その受光素子 8 に重疊して  
発光素子 7 およびデータ転送線 9 を順次に積層被  
着してある。また、受光素子 8 に半ば重疊して、  
ドレイン領域 D と同様にドープした導電領域  $D_a$

つて構成し、例えば、下層の第 (1-1) 層 11 の  
発光素子 7 における p-n 接合にデータ転送線 9  
によつて印加した順バイアス電圧に応じて発生し  
た光 18 を上層の第 1 層 12 の受光素子 8 が受け  
てその受光素子 8 内に電子・正孔対を生成し、光  
伝導型の光スイッチ素子として機能する。

なお、下層の第 (1-1) 層 11 の発光素子 7 を  
発光させて上層の第 1 層 12 の受光素子 8 により  
受光する場合に、その間に介在する  $\text{SiO}_2$  絶縁層 5a  
は透明で光 18 をほとんど吸収しないが、シリコ  
ン半導体層 6 は、本来不透明な材料よりなつてい  
るので光 18 を吸収する。しかし、光 18 の吸収  
の比率はわずかであり、シリコン半導体層 6 の厚  
さを 1  $\mu\text{m}$  すなわち  $10^{-4} \text{ cm}$  としたときにこのシリ  
コン半導体層 6 を通過する光 18 の吸収は 0.01% 程  
度に過ぎず、実際にはほとんど支障を生じない。

一方、受光素子 8 を構成するゲルマニウム層は、  
その層厚を 0.6  $\mu\text{m}$  すなわち  $6 \times 10^{-5} \text{ cm}$  としたとき  
に入射光の 70 % を吸収し、高効率の受光が可  
能である。

なお、上述した各素子は、いずれも、適切なバーニングのもとに分子線エピタキシー法によつて形成することができる。

第1図示の構成による本発明三次元光結合共有メモリ集成装置の記憶動作、特に、記憶内容コピーの動作はつきのようにして行なわれる。

すなわち、例えば、第(1-1)層11のメモリ用コンデンサ8に選択的にデータを書込む際には、第2図示の従来の1MOSダイナミック型メモリセルにおけると同様に動作させ、アドレス線1に電圧を印加してMOSスイッチ4をオン状態にして、データ線2からメモリ用コンデンサ8にデータを書込む。第(1-1)層11におけるかかるデータ書込みの際に、メモリ内容の同一データを同時に第1層18のメモリ用コンデンサ8にもコピーして書込むには、前述した層間の光結合を用いる。すなわち、上述した第(1-1)層11のメモリ用コンデンサ8へのデータ書込みと同時に、その層11のデータ転送線9にも電圧を印加して、発光素子7に重疊した受光素子に接するドレイン領域

Dに接続したデータ線2にデータ信号電圧が印加されたときに、上下の印加電圧に挟まれた発光素子7が発光するようにしておくとともに、メモリ内容のコピーを行なうべき層、例えば直上の第1層18においても、アドレス線1に電圧を印加してMOSスイッチ4をオン状態にしておくとともに、データコピー線10にも電圧を印加しておく。

かかる状態において、第(1-1)層11のデータ線2にデータ信号電圧が印加されると、上述したようにしてその層11のメモリ用コンデンサ8にデータが書込まれると同時に、データ線2の信号電圧印加の都度、発光素子7が発光し、その光18を受光した第1層18の受光素子8が兼ねる光伝導型光スイッチがその都度オン状態となる。しかして、その光伝導型光スイッチ8を介して接続されるべき導電領域D<sub>a</sub>に接続したデータコピー線10には電圧が印加されているので、光スイッチ8がオン状態となる都度、データコピー線10の印加電圧が導電領域D<sub>a</sub>および光スイッチ8を介してドレイン領域Dに印加され、そのドレイン領域

Dに接続したデータ線2にデータ信号電圧が印加されたのと同じ状態となり、アドレス線1への電圧印加によりオン状態となつているMOSスイッチ4を介して、第(1-1)層11のデータ線2により印加されたデータ信号電圧どおりのデータが第1層18のメモリ用コンデンサ8にコピーして書込まれることになる。

本発明三次元光結合共有メモリ集成装置における各層内においては、第3図に示すように各層毎に設けた演算処理装置(OPU)15の制御のもとに、各層毎のメモリ内容のデータを用いてそれぞれ所要の情報処理を行なうとともに、そのメモリ内容をコピーしたメモリ内容のデータを用いて例えば類似の情報処理を並列に行なうことになり、かかる各層毎の情報処理は制御用OPU14により統括して系統的に制御される。なお、各層間は、図示の光18により下層から上層に向けて順次に光結合され、所要の並列動作が行なわれるが、かかる光結合がなされない最上層と最下層との間には、必要に応じ、慣用の光ループ16を設けて同

様の光結合を行なわせることもできる。

また、以上の説明においては、各層毎に受光素子8の上に発光素子7を重ねて配置し、下層から上層へのみ光結合がなされるようにしたが、発光素子7と受光素子8との重ねの順序を上下反転させて、上層から下層へ光結合がなされるようにすることもできる。さらに、連続して積層した複数層のメモリ用コンデンサ8に、上述したコピー動作を同時に行なわさせて、同一メモリ内容を書込むこともでき、その際、同一メモリ内容をメモリ用コンデンサ8にコピーして書込む必要のない層については、アドレス線1に電圧を印加せずに、その層の受光素子8および発光素子7により光18の中継のみを行なわせるようにすることもできる。

また、以上の説明においては、各構成要素の材料に特定の半導体材料名を挙げだが、本発明はこれらの材料によつて構成した場合に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない限り、任意の材料をもつて各構成要素を形成することができ

る。例えば、半導体層1は、シリコンとする他、GaAs系をはじめとするⅢ-V族化合物半導体およびその組合せによる多層構造あるいはアモルファス半導体層とともにでき、絶縁層5、5aもSiO<sub>2</sub>とする他、集積回路に慣用の広汎な範囲の他の絶縁材料や不純物を添加しない半絶縁性半導体材料をもつて形成することもできる。一方、発光素子は、受光素子よりエネルギーギャップの大きい半導体材料を用いて形成する点を考慮しさえすれば、ヘテロ接合を含むⅢ-V族およびⅣ-V族の化合物半導体の組合せあるいはアモルファス半導体の組合せによつて形成することもできる。なお、これらの材料による各構成要素の形成には、一般に周知慣用の気相成長法あるいは液相成長法を用いることともできる。

## (効果)

以上の説明から明らかのように、本発明によれば、三次元メモリ集積装置における各層間を発光素子と受光素子との組合せにより光学的に結合させてるので、簡単な回路構成により、信号伝達に

時間遅延を生ずることなく、高速の並列演算処理を行なうことが可能となり、图形処理や音声認識等のパターン認識を中心とする情報の並列演算処理が不可避の情報処理技術分野における実用上の効果は極めて顕著である。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図(a)、(b)および(c)は本発明三次元光結合共有メモリ集積装置の構成例をそれぞれ示す側断面図、上面図および一部破断した斜視図。

第2図は1NOSダイナミック型メモリセルの従来構成を示す側断面図、

第3図は本発明三次元光結合共有メモリ集積装置における各層間の概略構成の例を模式的に示す斜視図である。

1 … アドレス線	2 … データ線
3 … メモリ用コンデンサ	4 … MOSスイッチ
5, 5a … SiO <sub>2</sub> 絶縁層	6 … シリコン半導体層
7 … 発光素子	8 … 受光素子
9 … データ転送線	10 … データコピー線
11 … 鋼(i-1)層	12 … 第1層

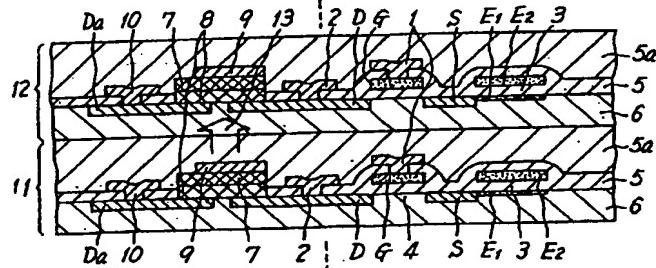
13 … 光	14 … 制御用CPU
15 … CPU	16 … 光ループ
D … ドレイン領域	G … ゲート電極層
S … ソース領域	D <sub>a</sub> … 導電領域
E <sub>1</sub> , E <sub>2</sub> … 导電層。	

特許出願人 広島大学長

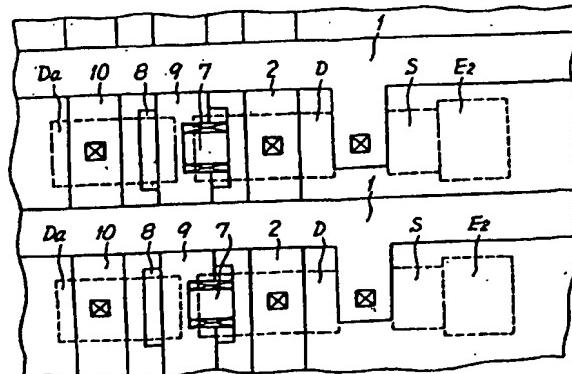
代理人弁理士 杉村 譲秀 

同 弁理士 杉村 興作 

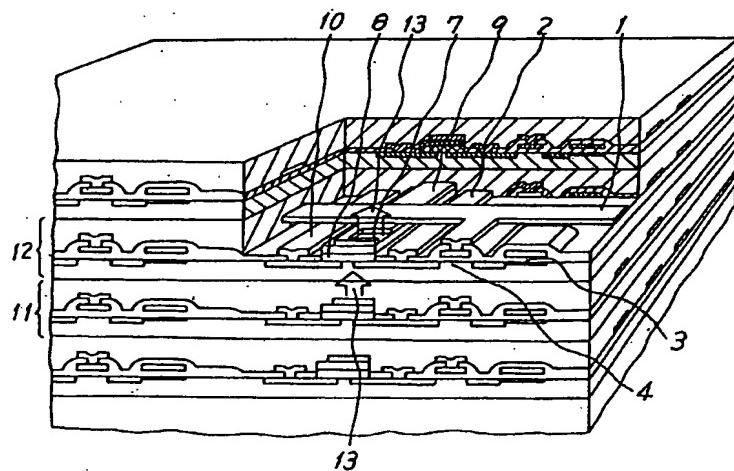
第1図(a)



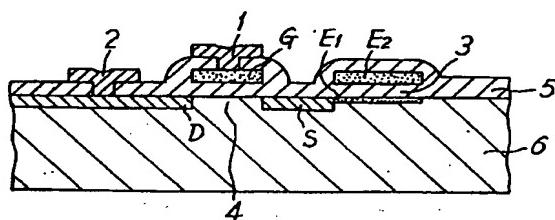
第1図(b)



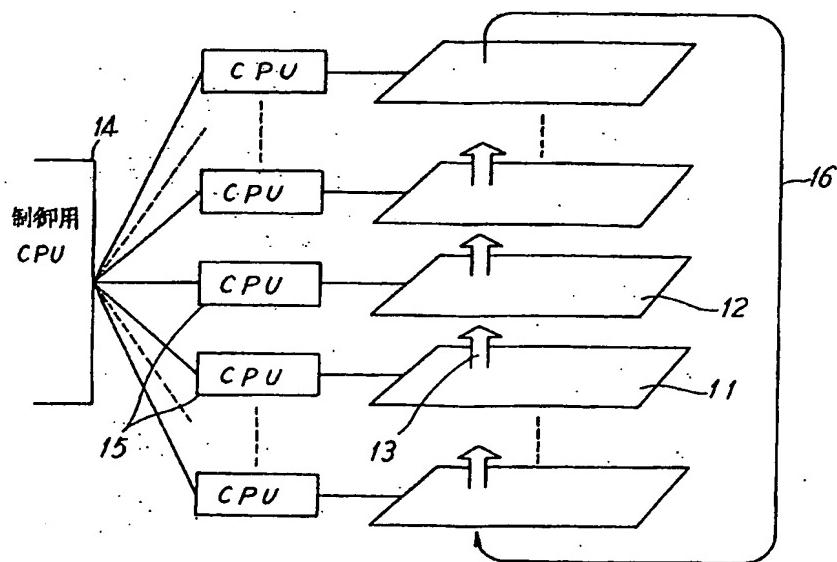
第1図(c)



第2図



第3図



第1頁の続き

⑤Int.Cl.<sup>1</sup> 識別記号 厅内整理番号  
G 11 C 11/34 101 8522-5B  
H 01 L 31/12 6428-5F

⑥発明者 末宗 幾夫 東広島市西条町大字田口365 広島大学ががら第一職員宿  
舎1-104